

# 武汉市城市植被覆盖度分析

刘子煜<sup>1</sup><sup>1</sup> 2019202050035, 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉, 430079

**摘要:** 基础地理空间数据的持续更新是制约地理信息服务的重要因素, 而变化信息的获取是空间数据持续更新的基础。本文将不同时相多尺度地图面目标基本变化类型归纳为出现、消失、扩张、收缩、移动、旋转、分裂、合并和先分裂后合并等 9 种, 并分别进行了形式化定义和描述。进而, 顾及制图综合操作产生的不同尺度地图中同名面目标表现的“伪变化”, 利用 4 交差拓扑关系模型区分真实变化和制图综合引起的几何差异。最后, 采用 1:2 000 和 1:10 000 比例尺居民地地图数据进行实验验证, 结果表明本文所提的变化分类、描述及判别方法的有效性和适用性。

**关键词:** 遥感影像; Landsat; NDVI; 植被覆盖度; 像元二分法

中图分类号: P208

文献标识码: A

植被在地球系统中扮演着重要角色, 它影响着地-气系统的能量平衡, 在气候、水文和生物循环中起着重要的作用<sup>1</sup>。因此地表植被会导致地表景观的变化, 从而对气候、社会经济、人民生活造成一定的影响; 同时植被也极易受到环境及人为的影响, 植被的变化又能反映出当地水文、气候等各方面的变化。因此快速准确地将植被生长现状及演变趋势表达出来对经济建设及生态研究都有一定的参考价值<sup>2</sup>。

城市植被是区域植被中的一部分, 是城市生态系统非常重要的组成因素, 对于构建生态城市起着举足轻重的作用, 因此开展城市植被生态研究具有重要的现实意义<sup>3</sup>。

为衡量城市的绿化程度, 提出了植被覆盖度的概念。植被覆盖度是区域内植被垂直投影面积占地表面积的百分比<sup>4</sup>, 是重要的生态环境参数之一, 其对衡量一个地区的生态环境和绿化程度有重要意义。地表实测是测量草地植被盖度的传统方法。按原理可将地表实测的方法分为 3 类, 即采样法、仪器法和目视估测法<sup>5</sup>。如今, 遥感技术的飞速发展为大范围快速而有效的植被覆盖监测提供了可能。

遥感影像提供了丰富的地物信息, 为了定量描述地物内在属性, 提出了许多针对地物光谱特征设计的指数计算方法。指数模型的基本

原理是在多光谱波段内找出目标地物的最强反射波段和最弱反射波段, 将强者置于分子, 弱者置于分母, 通过比值运算进一步扩大两者间的差距, 增强目标地物的亮度, 抑制背景地物, 达到突出目标地物的目的<sup>6</sup>。

植被指数是利用卫星传感器不同波段探测的数据组合而成的, 是描述植被数量、质量、植被长势和生物量等指标的指示参数, 能反映植物生长状况; 是利用遥感光谱数据监测地面植物生长和分布, 定性定量评估植被的一种有效方法, 是地面植被与相应遥感影像的桥梁。

(湖南省 modis 遥感植被指数的时空变化)

早在 1978 年, Deering 提出了归一化植被指数 (NDVI), 是目前最经典的制备信息提取法, 一直沿用至今, 并有诸多发展<sup>789</sup> ([6] [7]. [8] 贾坤, 姚云军, 魏香琴, 等. 植被覆盖度遥感估算研究进展[J]. 地球科学进展, 2013, 28(7): 774-782.)

其余比较常用的还有: 比值植被指数(RVI)、消除土壤影像植被指数 (SAVI)、垂直植被指数 (PVI)等。目前, NDVI 依然是多种植被指数中应用最多最广泛的一种。因为 NDVI 有以下几点优势: 植被空间覆盖范围广; 植物检测灵敏度高; 数据具有可比性。但是, 这些优势是在经过以下处理后才可以得到: 1) 消除大气影响,

收稿日期: 2019-12-07

项目资助: 无。

第一作者、通讯作者: 刘子煜, 武大资环地信专业在读硕士生, 学号2019202050035, 主要从事能源地理相关研究。

swlzy@outlook.com

大气中的多种成分如水汽、臭氧等会影响红光和近红外波段的反射，同时传感器在接收来自目标的信号时，也会接收到来自外界的噪音；2）消除植物背景土壤的影响，传感器在接收植被信息的同时，也接收到了来自植被背景土壤的信息，这会导致相同植物覆盖在不同背景的影响下得到不同的光谱信息（冯露）。

近年来，NDVI 除了应用在植被生长状况研究（强建华, 赵鹏祥, 陈国领, et al. 基于 NDVI 的油松天然林生长状况的遥感监测研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(1):149-151. ；王利民）、土地植被覆盖变化研究中（杜子涛），还经常作为城市指标，定量评价城市土地利用类型、结构对生态环境的影响（岳文泽），作为相关因素研究与疾病发病率的相关性（温亮）等。

为获取 NDVI，遥感影像为不可缺少的数据源。现在已有多个国家发射了卫星，因此多种卫星遥感影像数据可供研究使用。其中大众可以免费获取的影像主要有 Modis 和 Landsat。Modis 全称为中分辨率成像光谱仪，是美国宇航局 以了解全球气候的变化情况以及人类活动对气候的影响研制大型空间遥感仪器。Landsat 8 是 NASA 与美国地质调查局（USGS）合作开发并由轨道科学公司（Orbital Science Corporation）建造的，携带陆地成像仪（Operational Land Imager，OLI）和热红外传感器（Thermal Infrared Sensor，TIRS），陆地卫星的主要任务是调查地下矿藏、海洋资源和地下水资源，监视和协助管理农、林、畜牧业和水利资源的合理使用，预报农作物的收成，研究自然植物的生长和地貌，考察和预报各种严重的自然灾害（如地震）和环境污染，拍摄各种目标的图像，以及绘制各种专题图（如地质图、地貌图、水文图）等。下表是对 Modis 和 Landsat8 卫星的比较。

表 1 Modis 影像和 Landsat 8 影像的比较  
Table 1 The comparison between Modis and Landsat 8

影像名称	Modis	Landsat 8
波段数	36	11
地面分辨率	250m、500m、1000m	30m
扫描宽度	2330km	170km*180km
时间分辨率	12 小时	16 天
传感器	Modis	OLI、TIRS

本文利用遥感影像和 NDVI 的计算方法，结合武汉市的土地利用结构利用像元二分法评价武汉市的植被覆盖率。考虑到，我们应用遥感影像计算城市内部的植被指数，并对市区内部植被覆盖率的分布结构进行分析。这就要求较高的影像地面分辨率，再次研究中，我们选择 Landsat 8 的影像进行分析。

1 研究数据

武汉市位于湖北省东部、长江与汉水交汇处，属于北亚热带季风性（湿润）气候，常年雨量丰沛、雨热同期。武汉作为长江经济带核心城市，拥有千万人口，房地产市场庞大。为研究小区绿化程度对房价的影响，我们主要使用了遥感影像数据和房价空间数据两类数据。

遥感影像数据：本研究所采用的影像数据是 2019 年的美国陆地资源卫星 Landsat 8 OLI 影像，OLI 图像分辨率在 30m，可应用于城市土地利用和覆盖变化等，虽然高分辨率影像（如 Quickbird）能够提高土地利用和覆盖图的精度，但是其昂贵的价格和历史数据缺失等缺点使得高性价比的中分辨率影像（如 Landsat OLI）依然属于土地动态变化监测最常用的数据[5]。数据过境时间分别为 8 月 17 日，当日天气晴朗，无云，卫星影像质量较好。研究区的条带号是 123，行编号分别是 38、39，共 2 幅影像。本研究所有的遥感影像波段组合均选取第 1、2、3、

4、5、7波段。

## 2 模型方法

### 2.1 NDVI植被指数计算

植被指数是通过卫星某些波段对植被敏感的特性,将这些光谱数据结合到一起所形成的图像植被指数,常被用来进行植被分析,减少了影响分类的因子,以区别地表植被间的细小差异。本文采用的是归一化植被指数(NDVI)作为分析指标,其计算公式如下(李建军):

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (1)$$

式中: NIR 是 OLI 近红外波段数值; R 是 OLI 可见光红波段数值。

NDVI 的基本思想为通过基于植物的吸收光谱特征,强化红波段反射率和近红外波段反射率的差别,可以近似确定一个描述植被区域和状况的指数。植物叶片对蓝光和红光有强烈吸收,而对绿光强烈反射,并且在红外波段也有强烈的反射。从红波段到近红外波段,裸地反射率较高但增幅很小,对可见光波段和近红外波段近似相等;对于云、雪、水等,可见光波段高反射,而近红外波段强吸收;而对于植被来说,植被覆盖越高,红波段反射率越小,近红外波段反射率越大,而且红波段植被反射率很快基于饱和,但是近红外波段反射率随植被增加而增加。

NDVI 计算结果将得到一幅灰度值表示的单波段影像,其像元值范围一般在  $-1 \leq NDVI \leq 1$ 。基于以上的分析可以得到,负值表示地面覆盖为云、水、雪等,对可见光高反射;0 表示有岩石或裸土等, NIR 和 R 近似相等;正值表示有植被覆盖,且随覆盖度增大而增大。根据像元值大小的意义差别,我们可以通过混合像元法中的像元二分法模型等来反演植被覆盖度。

### 2.2 基于像元二分法的植被覆盖度计算

随着空间技术和传感器技术的发展,目前

监测地表覆盖变化的主要途径来源于卫星遥感。然而,以传统的目视解译结合监督分类为主的方法需要耗费的时间长并且结果因人而异[8],同时目前的遥感分类技术通常是假设每一个像元都是由一类地物构成,对于混合像元的概念存在忽视的情况,实际上,许多像元都是属于混合像元,即是说一个像元往往包含多类地物目标的信息[9]。像元二分模型是混合像元法中的基本模型。像元二分模型原理是假设影像上一个像元的反射率可分为纯植被部分反射率和非植被部分两部分,那么,任一像元的反射率值可以表示为由植被覆盖部分与非植被覆盖部分的线性加权的和。

下面简单介绍下在像元二分模型的基础上研究的模型:

$$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (2)$$

式中,  $NDVI_{soil}$  为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值,  $NDVI_{veg}$  则代表完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值,即纯植被像元的 NDVI 值。

两个值的计算公式为:

$$NDVI_{soil} = \frac{(VFC_{max} \times NDVI_{min} - VFC_{min} \times NDVI_{max})}{(VFC_{max} - VFC_{min})} \quad (3)$$

$$NDVI_{veg} = \frac{(1 - VFC_{min}) \times NDVI_{max} - (1 - VFC_{max}) \times NDVI_{min}}{(VFC_{max} - VFC_{min})} \quad (4)$$

利用这个模型计算植被覆盖度的关键是计算  $NDVI_{soil}$  和  $NDVI_{veg}$ 。这里有两种假设:

当区域内可以近似取  $VFC_{max} = 100\%$ ,  $VFC_{min} = 0\%$ 。公式 2 可变为:

$$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (5)$$

$NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$  分别为区域内最大和最小的 NDVI 值。由于不可避免存在噪声,  $NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$  一般取一定置信度范围内的最大值与最小值,置信度的取值主要根据图像实际情况来定。

当区域内不能近似取  $VFC_{max} = 100\%$ ,  $VFC_{min} = 0$ 。

收稿日期: 2019-12-07

项目资助: 无。

第一作者、通讯作者: 刘子煜, 武大资环地信专业在读硕士生, 学号2019202050035, 主要从事能源地理相关研究。

swlzy@outlook.com

当有实测数据的情况下，取实测数据中的植被覆盖度的最大值和最小值作为  $VFC_{max}$  和  $VFC_{min}$ ，这两个实测数据对应图像的  $NDVI$  作为  $NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$ 。

### 3 实验过程及方法

#### 3.1 $NDVI$ 的提取分析

首先对遥感影像进行处理，包括几何校正、辐射校正、大气校正、影响裁剪和拼接，增强图像效果，得到满足研究需要的区域影像。然后按照  $NDVI$  的计算公式，计算近红外波段与红光波段的差与和，最后将两者相除。

影像因为受到太阳高度角、地形、阴影等因素的影响，很少一部分区域计算后的  $NDVI$  值会出现大于 1 和小于 0 的情况，属于异常值，在进行植被覆盖度反演之前要进行处理。本研究用波段运算将小于 0 的  $NDVI$  值归并为背景值，即赋值为 0，表达式为  $b1 \text{ lt } 0) * 0 + (b1 \text{ gt } 1) * 0 + (b1 \text{ ge } 0 \text{ and } b1 \text{ le } 1) * b1$ ，得到结果图如下：

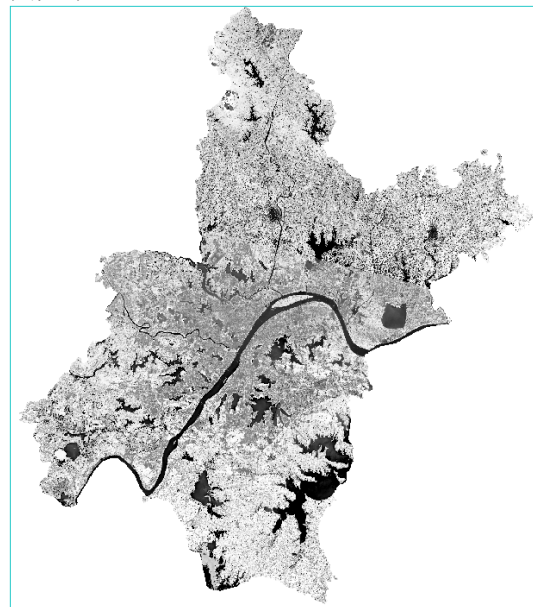


图 1 武汉市  $NDVI$  波段计算结果图

Figure 1 The Result of  $NDVI$  band calculation in Wuhan

#### 3.2 植被覆盖率计算

收稿日期：2019-12-07

项目资助：无。

第一作者、通讯作者：刘子煜，武大资环地信专业在读硕士生，学号2019202050035，主要从事能源地理相关研究。

swlzy@outlook.com

#### 3.2.1 监督分类进行土地分类

本研究是利用像元二分法进行植被覆盖度的反演，其中主要的一个步骤就是利用监督分类方法对影像进行土地的分类，然后统计不同土地类型的  $NDVI$  值的最值进行植被覆盖度的反演，因此在反演之前应进行监督分类进行土地的分类。研究中，把武汉市的土地分成五大类，即林地、耕地、绿地、城市用地、水体、其他用地。利用 FLAASH 大气校正后的影像进行监督分类，得到结果如下：

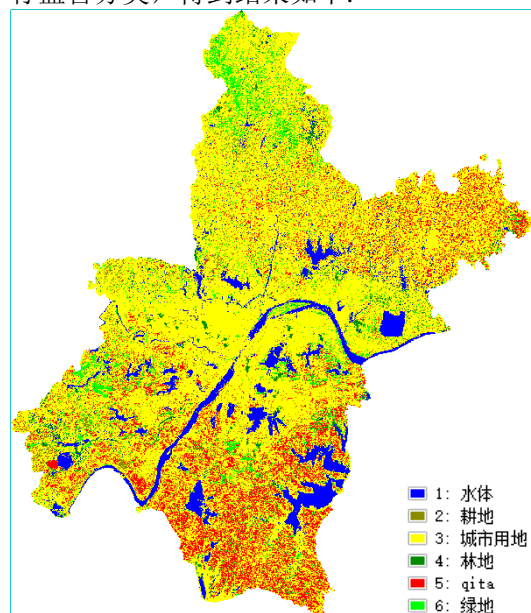


图 2 应用监督分类法的武汉土地分类结果图

Figure 2 Land Classification Results Map with Supervised Classification in Wuhan

#### 3.2.2 利用土地分类图及 $NDVI$ 统计各类的最值

本研究用的方法是利用像元二分法进行植被的覆盖度反演，根据公式 2-1 可知需要统计每一类土地的  $NDVI$  最小值近似的代替  $NDVI_{soil}$ ，统计出每一类土地  $NDVI$  的最大值代替植被纯像元的  $NDVI_{veg}$ 。根据各类土地的最值求出植被覆盖度  $VFC$ 。因为每一类的都需要统计，如果对每一类土地都进行求解，不仅繁琐而且容易出错，所以利用波段运算。计算公式如下：

$$L_{min} = b1 \times l_{min} + b2 \times l_{min} + b3 \times l_{min} + b4 \times l_{min} + b5 \times l_{min} + b6 \times l_{min} \quad (6)$$

式中： $L_{min}$  是影像所有土地类别的最小 NDVI 值（是面积上的统计，并非数值的求和）； $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 、 $b_5$ 、 $b_6$  是不同土地类别； $l_{min}$  是每一类土地的 NDVI 的最小值；

$$L_{max} = b_1 \times l_{max} + b_2 \times l_{max} + b_3 \times l_{max} + b_4 \times l_{max} + b_5 \times l_{max} + b_6 \times l_{max} \quad (7)$$

式中： $L_{max}$  是影像所有土地类别的最大 NDVI 值（是面积上的统计，并非数值的求和）； $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 、 $b_5$ 、 $b_6$  类别； $l_{max}$  是每一类土地的 NDVI 的最大值。

### 3.2.3 NDVI 的最值统计

为了实现植被覆盖度的反演，需要对各类的土地的 NDVI 的最值进行统计。在本研究的植被覆盖度反演公式中理论上是针对每一个像元的植被和裸地的 NDVI 值，但在实际中，因为不同时期植被长势不同以及受邻近的像元的影响，NDVI 的最值要根据研究区的情况而定。本研究取统计直方图的第一个异常点所对的 NDVI 值作为每一类的最值进行植被覆盖度的反演。完成每一类的土地 NDVI 的最值统计，统计结果如表 2：

表 2 NDVI 最值统计

Table 2 The maximum and minimum statistics of NDVI

土地类别	统计最小值	统计最大值
林地	0.3960	0.9294
耕地	0.0775	0.8655
绿地	0.2643	0.8995
城市用地	-0.1632	0.4488
水体	0	0
其他用地	0.0227	0.5508

### 3.2.4 植被覆盖度反演计算及结果

根据公式 6 和 7 以及植被覆盖反演公式，需要求出  $L_{min}$  和  $L_{max}$  来求解植被覆盖度：

$$L_{min} = b_1 * 0.3960 + b_2 * 0.0775 + b_3 * 0.2643 + b_4 * (-$$

$$0.1632) + b_5 * 0 + b_6 * 0.0227 \quad (8)$$

$$L_{max} = b_1 * 0.9294 + b_2 * 0.8655 + b_3 * 0.8995 + b_4 * 0.4488 + b_5 * 0 + b_6 * 0.5508 \quad (9)$$

得到影像的最值后，根据公式 5 对武汉市的植被覆盖度进行反演，将反演结果分级显示，如图：

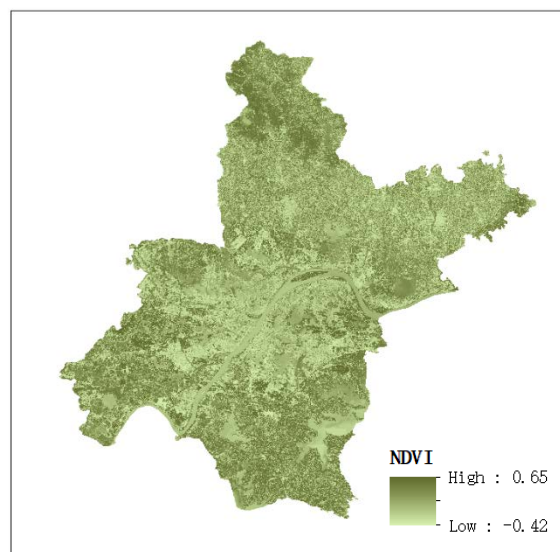


图 3 武汉市植被覆盖度反演结果图

Figure 3 Map of vegetation coverage inversion results in Wuhan

由图分析得出，武汉市市区的植被覆盖率偏低，城郊的植被覆盖率较高。

## 4 结论

本文对植被覆盖度反演的研究是基于像元的二分法，通过对武汉市的遥感影像进行具体的分析与研究，对植被覆盖度反演有了一定程度的认识和理解。此次研究翻阅大量的相关资料，深刻理解遥感技术在城市规划研究和城市土地利用等方面的优势，当然某些程度上的不足。遥感技术在理论上存在不足，还需要不断的深入和探究。

收稿日期：2019-12-07

项目资助：无。

第一作者、通讯作者：刘子煜，武大资环地信专业在读硕士生，学号2019202050035，主要从事能源地理相关研究。

swlzy@outlook.com

<sup>1</sup> Guo Ni. Vegetation Index and its Advances[J]. Journal of Arid Meteorology, 2003(4). (郭妮. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象, 2003(4).)

<sup>2</sup> Fenglu, Yue De-peng, Guo Xiang. A Review on Application of Normal Different Vegetation Index. Forest Inventory And Planning [J]. 2009, 34(2) (冯露,岳德鹏,郭祥.植被指数的应用研究综述[J].林业调查规划,2009,34(2):48-52.

DOI:10.3969/j.issn.1671-3168.2009.02.013.)

<sup>3</sup> Cao Jinzhou. Review on Research Methods of Urban Vegetation Information Extraction Based on Remote Sensing Images [J]. China New Telecommunications, 2012(15):73-74. (曹劲舟. 基于遥感影像的城市植被信息提取研究方法综述[J]. 中国新通信, 2012(15):73-74.)

<sup>4</sup> Zhang Zhi-Xin , Deng Ru-Ru, Li Hao, Chen Lei, Chen Qi-Dong, He Ying-Qing. Remote Sensing Monitoring of Vegetation Coverage in Southern China Based on Pixel Unmixing: A Case Study of Guangzhou City. Remote Sensing For Land & Resources [J]. 2011, (3) (张志新,邓孺孺,李灏,等.基于混合像元分解的南方地区植被覆盖度遥感监测——以广州市为例[J].国土资源遥感,2011,(3):88-94.)

<sup>5</sup> Zhang Yunxia. Overview Of Field And Multi-Scale Remote Sensing Measurement Approaches To Grassland Vegetation Coverage. Advance In Earth Sciences [J]. 2003, 18(1). (张云霞,李晓兵,陈云浩.草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J].地球科学进展,2003,18(1):85-93. DOI:10.3321/j.issn:1001-8166.2003.01.012.)

<sup>6</sup> Gao Li-Jing, Luo Jian-Cheng, Shen Zhan-Feng, Liu Wen, Chen Sheng. Index Based Hierarchical Model for Thematic Information Extraction. Geography And Geo-Information Science [J]. 2009, 25(2). (郜丽静,骆剑承,沈占锋,等.基于指数计算的多层次遥感信息提取模型[J].地理与地理信息科学,2009,25(2):39-41,45,封2.)

<sup>7</sup> Li Miaomiao. Estimation of Vegetation Fraction in the Upper Basin of Miyun Reservoir by Remote Sensing. Resources Science [J]. 2004, 26(4). (李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.)

<sup>8</sup> Pan Jianping, Ye Huanzhuo. Extraction Of Vegetation Fraction Based On Remote Sensing Classification. JOURNAL OF GEOMATICS [J]. 2007, 32(6). (潘建平,叶焕倬.基于遥感分类的植被覆盖度提取[J].测绘信息与工程,2007,32(6):17-19.)

<sup>9</sup> Xing Zhu-Rong, Feng You-Gui, Yang Gui-Jun, Wang Ping, Huang Wen-Jiang. Method of Estimating Vegetation Coverage Based on Remote Sensing. REMOTE SENSING TECHNOLOGY AND APPLICATION [J]. 2009, 24(6) (邢著荣,冯幼贵,杨贵军,等.基于遥感的植被覆盖度估算方法述评[J].遥感技术与应用,2009,24(6):849-854)

收稿日期: 2019-12-07

项目资助: 无。

第一作者、通讯作者: 刘子煜, 武大资环地信专业在读硕士生, 学号2019202050035, 主要从事能源地理相关研究。

swlzy@outlook.com